

**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN PECUARIA**

**Extractos comerciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y de algarrobo
(*Ceratonia siliqua*) en la dieta de lechones destetados**

TESIS

**Presentada como requisito para
optar el título profesional de**

INGENIERO ZOOTECNISTA

por

FRANK SCHEYNER ZAMORA MONSALVE

Lambayeque

PERÚ

2018

Extractos comerciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y de algarrobo (*Ceratonia siliqua*) en la dieta de lechones destetados

TESIS

**Presentada como requisito para
optar el título profesional de**

INGENIERO ZOOTECNISTA

por

FRANK SCHEYNER ZAMORA MONSALVE

**Sustentada y aprobada ante el
siguiente jurado**

Ing. Enrique Gilberto Lozano Alva, M. Sc. -----
Presidente

Ing. Carolina Bernardina Aguilar Patilongo -----
Secretario

Ing. Alejandro Flores Paiva -----
Vocal

Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr. C. -----
Patrocinador

DEDICATORIA

**Dedico la presente tesis y lo que representa, con todo mi
cariño a mis padres**

EDILBERTO ZAMORA VÁSQUEZ

y

LIDUVINA MONSALVE MEDINA

**por haberme forjado como la persona que soy en la
actualidad.**

**Me formaron con reglas y algunas libertades pero, al final de
cuentas, me motivaron constantemente para lograr mis
anhelos.**

¡Gracias padre y madre!

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a:

La empresa Phartec SAC por las facilidades prestadas en relación con el producto empleado en la presente investigación.

Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr. C., por la acertada labor de patrocinio del trabajo y por toda la ayuda prestada, es especial con la traducción de la bibliografía.

A Inver Agro San Martín de Porres por todas las facilidades prestadas en la fase de campo.

A los miembros del jurado, por que debido a sus inquietudes han permitido que el trabajo se enriquezca.

F.S.Z.M.

ÍNDICE

Nº Capítulo	Título del Capítulo	Pág.
I	INTRODUCCIÓN	01
II	ANTECEDENTES Y BASES TEORICAS	03
	2.1. Los Extractos de Plantas (EP)	03
	2.2. Acción de los EP	05
	2.3. Efecto de los EP sobre la salud y rendimiento	09
III	MATERIAL Y MÉTODOS	14
	3.1. Localización y Dirección	14
	3.2. Tratamientos evaluados	14
	3.3. Material y Equipo experimentales	14
	3.3.1. Animales	14
	3.3.2. Alimento	14
	3.3.3. Instalaciones y equipo	15
	3.4. Descripción de la Metodología	16
	3.4.1. Diseño de contrastación de las hipótesis	16
	3.4.2. Técnicas experimentales	16
	3.4.3. Variables evaluadas	17
	3.4.4. Análisis estadístico	17
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
	4.1. Consumo de Alimento	18
	4.2. Peso Vivo	21
	4.3. Conversión Alimenticia	25
	4.4. Mérito Económico	27
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
VI	RESUMEN	30
VII	BIBLIOGRAFÍA CITADA	31
VIII	APÉNDICE	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título de	Pág.
3.1.	Composición porcentual de la ración local para cerdos en la fase de Crecimiento I	15
3.2.	Esquema del análisis de la varianza del DCA	17
4.1.	Consumo de alimento de lechones destetados que recibieron un producto comercial de extracto de plantas de acción fitobiótica	18
4.2.	Peso y cambios en el peso de lechones destetados que recibieron un producto comercial de extracto de plantas de acción fitobiótica	21
4.3.	Conversión alimenticia de lechones destetados que recibieron un producto comercial de extracto de plantas de acción fitobiótica	25
4.4.	Mérito económico de lechones destetados que recibieron un producto comercial de extracto de plantas de acción fitobiótica	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Pág.
4.1.	Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo de alimento	19
4.2.	Comparativo porcentual entre tratamientos para incremento de peso	22
4.3.	Comparativo porcentual entre tratamientos para conversión alimenticia	26

ÍNDICE DEL APÉNDICE

Apéndice	Título	Pág.
01	Prueba de igualdad de varianzas con los pesos iniciales	37
02	Prueba de normalidad con los pesos iniciales	37
03	Prueba de igualdad de varianzas con los pesos al finalizar el Pre-Inicio	38
04	Prueba de normalidad con los pesos al finalizar el Pre-Inicio	38
05	Análisis de varianza con los pesos al finalizar el Pre-Inicio	39
06	Prueba de igualdad de varianzas con los pesos al finalizar el Inicio	40
07	Prueba de normalidad con los pesos al finalizar el Inicio	40
08	Análisis de varianza con los pesos al finalizar el Inicio	41
09	Prueba de igualdad de varianzas con los pesos al finalizar el Crecimiento I	42
10	Prueba de normalidad con los pesos al finalizar el Crecimiento I	42
11	Análisis de varianza con los pesos al finalizar el Crecimiento I	43

INTRODUCCIÓN

El cerdo es la especie doméstica que más se consume en el mundo; situación que no ocurre en el Perú, en donde el cerdo se consume menos que el pollo y que el vacuno. Sin embargo, el consumo interno se está acrecentando.

Aun cuando el consumo *per cápita* no es muy alto, los pobladores de las ciudades de la sierra y ceja de selva del Perú tienen una marcada predilección por la carne de cerdo, lo que se observa en las fiestas patronales en las que se consume carne de cerdo preferentemente.

En los sistemas de producción porcícola, la fase más importante la constituye aquella en que los cerditos son destetados (separados de la madre y dejan de consumir leche) y el período hasta que llegan a los 30 kilos de peso vivo; esta fase es la que determina el futuro productivo del cerdo y es la más difícil por cuanto el proceso de destete implica estrés, que ocasiona desequilibrio orgánico en el cerdo, además de las interacciones negativas con animales desconocidos y el incremento en la susceptibilidad a la acción de bacterias de tipo patógeno en el tracto gastrointestinal. Por tal motivo, los productores comerciales tienden a atiborrar a los cerditos con antibióticos promotores del crecimiento (APC) a través del alimento; no obstante, el empleo de los APC ha sido prohibido en el mundo desarrollado y está en camino de serlo en el mundo en vías de desarrollo.

La industria porcícola está buscando alternativas a los APC, entre estas se encuentran especies vegetales que tienen acción bacteriostática, antioxidante, inmunoestimulante, entre otras; que permitirían protección de los lechones y, consecuentemente, mejor rendimiento.

En el Perú se está introduciendo un producto comercial constituido por la combinación de extractos comerciales de tomillo y semillas de algarrobo europeo, que

poseen acción fitobiótica; por lo que es pertinente preguntar: ¿podrá el producto comercial de extractos de tomillo y semillas de algarrobo europeo reemplazar al antibiótico promotor del crecimiento permitiendo adecuado rendimiento de lechones destetados hasta la fase de Crecimiento I?

Se consideró la siguiente hipótesis: La inclusión de un producto comercial de extractos de tomillo y semillas de algarrobo europeo permitirá reemplazar al antibiótico promotor del crecimiento permitiendo que los lechones recién destetados logren adecuado rendimiento hasta la fase de Crecimiento I.

Se tuvo en consideración los siguientes objetivos:

1. Determinar y evaluar el consumo de alimento;
2. Determinar y evaluar los incrementos de peso;
3. Determinar y evaluar la eficiencia técnica de utilización del alimento;
4. Determinar y evaluar la eficiencia económica del alimento.

II. ANTECEDENTES Y BASES TEORICAS

2.1. Los Extractos de Plantas (EP)

Diferentes autores indican que los extractos de plantas (EP) se han utilizado en gran medida para la nutrición y la mejora de la salud humana. En la actualidad, se conocen miles de EP, cientos de los cuales son comercialmente importantes, especialmente para las industrias farmacéutica, agronómica, alimentaria, sanitaria, cosmética y de perfumes. Los extractos vegetales son de interés potencial debido a su efecto antiviral, antimicrobiano, antioxidante, antiinflamatorio y otros efectos biológicos (Baydar *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2004; Sökmen *et al.*, 2004; Sosa *et al.*, 2005; Dundar *et al.*, 2008).

Estas propiedades documentadas de los EP puede conducir a la capacidad de utilizarlos, en lugar de antibióticos, en las dietas para mejorar el rendimiento y la salud de los animales. Varios estudios han revisado bien los aceites esenciales y sus efectos biológicos, tanto *in vitro* e *in vivo*, habiendo demostrado que pueden mejorar la salud animal a través de varios mecanismos, como la supresión directa de la proliferación de patógenos, la alteración de las poblaciones microbianas intestinales y la mejora de las funciones inmunitarias (Lee *et al.*, 2004; Pettigrew, 2006; Stein y Kil, 2006; Calsamiglia *et al.*, 2007; Bakkali *et al.*, 2008).

Los EP son los responsables del olor y el color de las plantas, y están constituidos de más de cien componentes individuales. Se describen como metabolitos secundarios de plantas y pueden obtenerse de forma natural a partir de partes de materiales vegetales, como flores, brotes, semillas, hojas, ramas, corteza, madera, frutas y raíces. Se indican cuatro métodos comúnmente usados para extraer los EP, la destilación de vapor, la maceración, el prensado en frío y la extracción con solvente (Kerrola, 1995).

Por otra parte, los EP pueden sintetizarse directamente. Están en dos formas diferentes, aceite líquido y polvo sólido. A muchos de los aceites que conforman los EP se les denomina aceites esenciales (AE), son compuestos mixtos de aceite con variables composiciones y concentraciones químicas de compuestos individuales dependiendo de las plantas y los métodos de extracción; muchos son insolubles en agua (Lee *et al.*, 2004).

Muchos de los EP extraídos de plantas, verduras, o flores no son puros; es decir, los EP pueden contener entre 20 a 60 componentes en concentraciones muy diferentes. Los componentes principales pueden constituir hasta 85% de los AE, en tanto que otros pueden representar sólo trazas. Así, se ha reportado que la concentración de timol en *Origanum vulgare* puede variar desde trazas hasta 64%; en el caso de *Thymus vulgaris* desde 10 a 64%. Así mismo, se ha indicado que otro componente predominante, el carvacrol, puede variar desde trazas hasta 80% en *Origanum vulgare* y de 2 a 11% en *Thymus vulgaris*. Para el caso de cinnamaldehído, un componente principal del AE de canela, se han mencionado cantidades de aproximadamente 60 a 75% del aceite total. En consecuencia, debido a la gran variabilidad en la composición, los efectos biológicos de los diferentes lotes del mismo AE pueden diferir (Lawrence y Reynolds, 1984; Duke, 1986; Lens-Lisbone *et al.*, 1987; Burt, 2004; Surburg y Panten, 2006).

Básicamente, los extractos de plantas están constituidos de dos clases de compuestos, los terpenos y fenilpropanos. Los terpenos están constituidos de combinaciones de varios isoprenos, unidades de cinco carbonos de base. La bio-síntesis de los terpenos se realiza principalmente a través de la ruta del ácido mevalónico; descrita en forma breve, tres unidades de acetato forman 3-hidróxi-3-metilglutaril-CoA (HMG-CoA), el que es convertido a ácido mevalónico por el enzima HMG-CoA reductasa, el ácido mevalónico puede ser convertido a isopentenil-1-5-pirofosfato (IPP)

y dimetilalil-PP (DMAPP), los que entonces se combinan en la proporción molar 1:1 para generar al precursor de los mono terpenos, el geranil pirofosfato (GPP). Se ha determinado que los mono terpenos (C₁₀) son las moléculas más representativas que constituyen el 90% de los AE y permiten una gran variedad de estructuras; el timol y el carvacrol se sintetizan a partir de GPP y se clasifican como productos mono terpenos. La adición repetitiva de unidades IPP a DMAPP pueden formar los precursores de varias clases de terpenos, tales como C₁₅, C₂₀, C₃₀ (Bakkali *et al.*, 2008; Mizioro, 2011).

Los fenilpropanos son sintetizados a través de la ruta del ácido shikímico, que produce al aminoácido aromático fenilalanina; luego este aminoácido puede ser transconfigurado a ácido cinámico y ácido p-cumárico. Los compuestos fenilpropano más importantes son el eugenol, el trans-cinnamaldehído, y la capsaicina (Seigler, 1998; Wilson *et al.*, 1998; Herrmann y Weaver, 1999).

2.2. Acción de los EP

Efectos antimicrobianos. A lo largo del tiempo se ha reconocido la actividad antimicrobiana de los extractos de plantas, tanto por la sabiduría popular y, en la actualidad, por la investigación científica. En varios extractos se ha observado un amplio espectro de actividad antibacteriana, tanto contra bacterias gram-positivas como gram-negativas, incluyendo *Salmonella*, *Stafilococcus*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Bacillus*, *Clostridium* y *Micobacterium*; además de estas propiedades antibacterianas de los EP o de sus componentes también han exhibido propiedades antifungales, antiparasitaria, antiviral y antitoxigénica (Bishop, 1995; Hammer *et al.*, 1999; Dorman y Deans, 2000; Pandey *et al.*, 2000; Ultee y Smid, 2001; Pessoa *et al.*, 2002; Moon *et al.*, 2006; Pinto *et al.*, 2006; Abed, 2007; Wong *et al.*, 2008; Garozzo *et al.*, 2009).

Diferentes investigadores concuerdan al indicar que teniendo en consideración la gran cantidad de grupos diferentes de compuestos químicos presentes en los EP, varios modos de acción están inmersos en la actividad antimicrobiana exhibida por ellos.

En primer lugar, la hidrofobicidad de los EP les permite la división al interior de los lípidos de la membrana celular bacteriana y las mitocondrias, alterando las estructuras y haciéndolas más permeables; esta mayor permeabilidad de la membrana ocasiona el escape de materiales intracelulares críticos lo que, finalmente, conduce a la muerte de la célula (Juven *et al.*, 1994; Helander *et al.*, 1998; Knobloch *et al.*, 1989; Carson *et al.*, 2002; Burt, 2004; Xu *et al.*, 2008).

En segundo lugar, las propiedades estructurales, como la presencia de los grupos funcionales y la aromaticidad también son responsables de la actividad antibacteriana de la EP. Los compuestos que poseen las propiedades antibacterianas más fuertes, como carvacrol, eugenol y timol, a menudo contienen un alto porcentaje de compuestos fenólicos; en general, se considera que los fenólicos alteran la membrana citoplasmática, alterando la fuerza motriz del protón, el flujo de electrones, el transporte activo y la coagulación del contenido celular (Frag *et al.*, 1989; Bowles y Miller, 1993; Helander *et al.*, 1998; Dorman y Deans, 2000; Lambert *et al.*, 2001; Burt, 2004).

En tercer lugar, los extractos de plantas ejercen actividad antibacteriana a través de la modificación de los sistemas enzimáticos de las bacterias. Se ha indicado que la alicina, el principal componente activo en el ajo, puede reaccionar rápidamente con los grupos tiol de ciertos enzimas de los microorganismos y, subsiguientemente, inhibir su actividad enzimática. La inhibición de los sistemas enzimáticos, dependientes de tiol, puede bloquear la virulencia del microbio e, incluso, ser letal para el microorganismo; así mismo, se ha reportado que el carvacrol puede prevenir el desarrollo de los flagelos

en *E. coli* O157:H7, que son críticos para la adhesión en las membranas del epitelio intestinal (Ankri y Mireman, 1999; Burt *et al.*, 2007).

Efectos anti-inflamatorios. En el desarrollo de enfermedades inflamatorias están involucrados una variedad de mediadores inflamatorios, incluyendo al factor de necrosis tumoral (TNF)- α y el IL-1 β . En un ensayo se concluyó que los AE de los brotes de *C. operculatus* poseen potenciales efectos anti-inflamatorios debido a la inhibición de la expresión y secreción de TNF- α e IL-1 β a partir de células RAW 264.7 inducidas por lipo-polisacáridos (LPS). Otros ensayos demostraron que el eugenol, el aceite del árbol del té y el extracto de ajo pueden inhibir la secreción tanto de TNF- α como de IL-1 β . Así mismo, se ha indicado que otra importante molécula involucrada en la defensa inmune es el óxido nítrico (ON), que es producido por los macrófagos a través de la actividad del enzima óxido nítrico sintetasa (ONS); una alta concentración de ON se asocia con enfermedades inflamatorias. Otros estudios reportaron que el cinnamaldehído y el eugenol fueron capaces de suprimir la liberación de ON y suprimir la expresión de ONS inducible en macrófagos murinos tratados con LPS. Por otra parte, se ha observado que el carvacrol, el eugenol y el cinamaldehído suprimieron la expresión del gen de la ciclooxigenasa-2 (COX-2) en células de macrófagos de ratón estimuladas con LPS; la ciclooxigenasa-2 es principalmente responsable de la producción de prostaglandinas, que están involucradas en diversos procesos fisiopatológicos que incluyen inflamación y carcinogénesis (MacMicking *et al.*, 1997; Dinarello, 2000; Hart *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2003; Aggarwal y Shishodia, 2004; Lang *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2005, 2007; Li *et al.*, 2006; Tung *et al.*, 2008; Dung *et al.*, 2009; Landa *et al.*, 2009).

Los modos de acción para la actividad antiinflamatoria de los EP todavía no están claros, pero la evidencia sugiere que estos efectos están mediados, al menos en

parte, al bloquear la ruta del factor nuclear kappa-potenciador de cadena ligera de las células B activadas (NF- κ B); este factor es un regulador clave de varios genes implicados en respuestas inmunes e inflamatorias. En las células en reposo, el NF- κ B existe en un estado inactivo en el citoplasma, en complejo con una proteína inhibitoria, llamada I κ B; tras la activación, I κ B sufre fosforilación y degradación, y NF- κ B se transloca en el núcleo, donde se une al ADN y activa la transcripción de varios genes, incluidos TNF- α , IL-1 β e iNOS. Los miembros de un grupo de investigación encontraron que la curcumina puede bloquear la actividad de unión del ADN NF- κ B inducida por citoquinas, la translocación nuclear de RelA, la degradación de I κ B α , la fosforilación de I κ B serina 32 y la actividad de I κ B quinasa (IKK), todas ellas implicadas en la ruta de señalización de NF- κ B. En tanto que otro grupo de investigación también demostró el bloqueo de la translocación de p50 y p65, la fosforilación de ERK 1/2 y p38 quinasa y la degradación de I- κ B α por el cinamaldehído y el eugenol (Hiscott *et al.*, 1993; Rice y Ernst, 1993; Xie *et al.*, 1994; Ghosh *et al.*, 1998; Jobin *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2005; Choi *et al.*, 2007).

Efectos anti-oxidantes. Se ha llegado a determinar que los animales explotados en sistemas intensivos de producción están expuestos frecuentemente al estrés oxidativo, que puede resultar en daño de las proteínas, lípidos y ADN. Los antioxidantes actúan como limpiadores de radicales, inhibiendo la peroxidación de los lípidos y otros procesos mediados por radicales libres, protegiendo, de esta manera, al animal del daño oxidativo causado por los radicales libres (McCall y Frei, 1999).

Varios estudios *in vitro* han evaluado la propiedades antioxidantes de los extractos de orégano, tomillo, clavo de olor, pimienta, lavanda y albahaca. Por otro lado, algunos estudios *in vivo* también informaron las propiedades antioxidantes de algunos EP. En un estudio se indicó que el carvacrol administrado en agua potable

redujo el nivel de lesiones de ADN inducidas en hepatocitos recientemente aislados y células testiculares por H₂O₂, lo que podría estar asociado con un aumento de la actividad antioxidante del hígado y las células testiculares en estos animales. En otro ensayo se mostró que la suplementación de EP a los cerdos redujo el daño del ADN en los linfocitos, lo que indicó sus efectos potencialmente beneficiosos sobre el sistema inmune bajo el estrés oxidativo inducido por la dieta. En tanto que un estudio permitió descubrir que la administración de aceite de orégano en la dieta aumentaba el estado antioxidante de la carne de pollo de engorde (Economou *et al.*, 1991; Botsoglou *et al.*, 2002; Gülçin *et al.*, 2004; Oboh *et al.*, 2007; Slamenova *et al.*, 2008; Frankič *et al.*, 2010).

La alta correlación encontrada entre el contenido total de fenol de los EP y la oxidación de lipoproteínas de baja densidad indicó que la alta actividad antioxidante de los EP está relacionada a su composición química. La presencia de grupos OH fenólicos en el timol, carvacrol y otros EP actúan como donadores de hidrógeno para los radicales peróxido producidos durante el primer paso de la oxidación de lípidos, retardando así la formación de hidroxil peróxido (Farag *et al.*, 1989; Teissedre y Waterhouse, 2000; Djeridane *et al.*, 2006).

2.3. Efecto de los EP sobre la salud y rendimiento

La suplementación de EP a la dieta ha ocasionado una gran variación en el rendimiento del crecimiento de cerdos recién destetados. Así, Simonson (2004) utilizó lechones en maternidad para identificar los efectos benéficos de varios EP (rábanos picantes, mostaza, orégano y casia) en la dietas de lechones destetados; encontraron que solamente la mostaza y la casia incrementaron la ganancia diaria promedio, la ingestión diaria promedio de alimento y la conversión alimenticia. En tanto que en otro estudio, realizado por Sads y Bilkey (2003) se encontró que los lechones destetados que

recibieron 1000 ppm de un suplemento de orégano presentaron mayores ganancias y menor incidencia de enfermedades en comparación con los animales control no suplementados. En tanto que otros investigadores (Manzanilla *et al.*, 2004; Neill *et al.*, 2006; Nofrías *et al.*, 2006) no encontraron efecto benéfico de los EP sobre el rendimiento de los cerdos destetados.

Aunque fallaron para encontrar efectos benéficos sobre el rendimiento productivo, los investigadores han sugerido que los EP pueden mejorar la salud intestinal; Informaron que una mezcla de EP (XT) estandarizada a 5% (p / p) de carvacrol, 3% de cinamaldehído y 2% de oleoresina de pimiento (orégano, canela y pimienta mexicana), incrementó el contenido estomacal y el porcentaje de materia seca, lo que sugiere un aumento en el tiempo de retención gástrica; además, el XT disminuyó la masa microbial total e incrementó la relación lactobacilos: entero bacterias (Manzanilla *et al.*, 2004; Norfarías *et al.*, 2006). Por otro lado, Michiels *et al.* (2010) también indicaron que suplementando con 500 ppm de carvacrol y timol se redujo la cantidad de linfocitos intra-epiteliales y se incrementó la relación altura de vellosidades/ profundidad de cripta en el intestino delgado distal.

En el período de crecimiento-acabado, la aplicación de diferentes proporciones y diferentes fuentes de EP mostraron algún beneficio sobre el rendimiento, como lo indicaron Cullen *et al.* (2005) y Janz *et al.* (2007) quienes reportaron que suministrando una dieta con ajo tratado tuvieron más alta ganancia diaria, ingestión diaria de alimento y conversión alimenticia en comparación con las dietas control. Así mismo, Grela *et al.* (1998) observaron una significativa mejora en la ganancia diaria promedio y conversión alimenticia con el uso de una combinación de hierbas (gran ortiga, ajo, hierba de trigo) en la dieta de cerdos de 25 a 105 kilos de peso. Así mismo, Dunshea *et al.* (2003) demostraron una mejora en el rendimiento del crecimiento con la inclusión de

vanililnonamida, un análogo de la capsaicina, en la dieta de cerdos en acabado. Por otro lado, un experimento con cerdos en crecimiento-acabado de bajo peso y con retardo en el crecimiento (Walter y Bilkei, 2004) determinó que una dieta con 3000 ppm de orégano comercial que contenía 60 g de carvacrol y 55 de timol por kilo mejoró la ganancia diaria y la conversión alimenticia y se redujo la mortalidad de los cerdos.

El interés por desarrollar investigación en cerdos recién destetados con productos naturales radica en que siendo la fase crítica para la producción de los porcinos los productores peruanos continúan empleando APC, aún cuando tienen información sobre la problemática generada por su empleo; al parecer, prima en ellos la preocupación económica por encima de la salud del consumidor, de la que asumen no estaría en peligro. Es necesario demostrarle al productor comercial que existen alternativas al empleo de APC, las que tienen que ser validadas en el campo comercial.

Investigaciones relativamente recientes como la de Miladi *et al.* (2016) con el timol y el carvacrol, dos fenoles mono-terpénicos producidos por varias plantas aromáticas, entre ellas el Tomillo, se realizó para evaluar sus potencias antibacterianas e inhibidores de la bomba de eflujo contra un panel de patógenos clínicos y de los alimentos. Sus resultados demostraron una sustancial susceptibilidad de las bacterias probadas hacia el timol y carvacrol. Especialmente, el timol mostró una fuerte actividad inhibitoria (valores de MIC que variaron entre 32 y 64 $\mu\text{g/mL}$) contra la mayoría de cepas probadas en comparación al carvacrol. Además, se notó una reducción significativa en las MIC de tetraciclina y cloruro de benzalconio cuando se probaron en combinaciones con timol y carvacrol; este efecto sinérgico fue más significativo en el caso de timol, el que generó una reducción de los valores de la MIC de la tetraciclina (de 2 a 8 veces) y del cloruro de benzalconio (de 2 a 8 veces).

Zou *et al.* (2016) realizaron un estudio en el que compararon los efectos del aceite esencial de orégano (AEO), quercetina o vitamina E, sobre las pérdidas de peso corporal vivo, características de la carcasa, calidad de la carne y el status antioxidante de cerdos después del transporte. Comparados con el grupo control, los grupos que recibieron AEO o quercetina tuvieron un promedio más alto de ganancia diaria ($P \leq 0.05$) y el grupo que recibió AEO manifestó mayor eficiencia en la utilización del alimento ($P \leq 0.05$). Las pérdidas de peso corporal vivo fueron menores en el grupo que recibió AEO después de 5 horas de transporte ($P \leq 0.05$) en comparación con el grupo control. El peso y porcentaje de carcasa caliente fueron más altos en el grupo con AEO después de 5 horas de transporte ($P \leq 0.05$) en comparación con el grupo control. Después del sacrificio, el valor de pH a los 45 minutos post-mortem y el valor Opto-star (color de la carne) a las 24 horas post-mortem se incrementó en los grupos con vitamina E, AEO o quercetina ($P \leq 0.05$) en comparación con el control. Los grupos vitamina E o quercetina también exhibieron valores más altos de pH a las 24 horas post-mortem ($P \leq 0.05$) que el grupo control. El músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de los cerdos de los grupos AEO o quercetina produjeron valores más bajos de pérdidas por goteo a las 24 horas ($P \leq 0.05$) en comparación con el de los cerdos del grupo control. Comparados con los cerdos del grupo control, los de los grupos AEO o quercetina presentaron niveles reducidos de TBARS (sustancias reactivas al ácido tio-barbitúrico) y ROS (especies oxígeno reactivas) en el suero, músculo e hígado ($P \leq 0.05$), en tanto que el grupo vitamina E tuvo niveles reducidos sólo en el suero ($P \leq 0.05$). Los grupos AEO o quercetina también tuvieron niveles incrementados de actividad de Gpx (glutación peroxidasa) y T-SOD (súper óxido dismutasa total) en el suero e hígado en comparación con el grupo control ($P \leq 0.05$). Contrariamente, no hubo diferencias entre los grupos vitamina E y control en las actividades de Gpx o T-SOD. Los investigadores

concluyeron que, la suplementación con el AEO o quercetina dietéticos puede ser superior a la suplementación con vitamina E dietética en aliviar los efectos negativos del transporte sobre los cerdos mediante mejoras del status antioxidante de los animales.

El efecto de las combinaciones de hierbas sobre el rendimiento y calidad de la carne de cerdos también ha sido evaluado por Tabasum *et al.* (2016); la suplementación redujo la ingestión de alimento y el grosor de grasa dorsal, en tanto que incrementó la producción de carne magra. Así mismo se observó incremento sobre el nivel de IgG. La ingestión de las combinaciones redujo el extracto etéreo en el músculo *longissimus dorsi* con incrementos en la humedad; así mismo, en una de las combinaciones se disminuyó el colesterol. Las combinaciones redujeron los valores de TBARS de la carne fresca y después de 2 y 3 semanas de almacenamiento; mejoraron la calidad de la carne incrementando los niveles de ácidos grasos n-3 y reduciendo el extracto etéreo y los valores TBARS.

Kotrotsios *et al.* (2012) realizaron un ensayo de alimentación de cerdos en crecimiento – acabado para determinar el efecto de la inclusión de harina de vainas de *Ceratonia siliqua* sobre el comportamiento productivo; los investigadores son concluyentes al informar que no se pueden utilizar proporciones importantes del producto debido a su alto contenido de taninos y de otras sustancias por lo que su labor única como aportante de nutrientes queda de lado y debe considerársele como un alimento funcional. Con la adición de 75 o 100 gramos de la harina lograron incrementos significativos en el peso vivo al sacrificio y en el peso de la carcasa de los cerdos.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Localización y Duración

El ensayo se realizó en la granja Inveragro San Martín de Porres SAC del distrito de Jazán, Región Amazonas, y tuvo una duración efectiva de 33 días, correspondientes al pre-inicio (9), inicio (14) y crecimiento I (10 días).

3.2. Tratamientos evaluados

Se evaluó los siguientes tratamientos:

T₁: Testigo con APC

T₂: 0.1% del producto comercial, sin APC

T₃: 0.2% del producto comercial, sin APC

3.3. Material y Equipo experimentales

3.3.1. Animales

Se emplearon 60 cerdos recién destetados, de ambos sexos, comerciales; procedentes de madres Camborough y padres PIG 410 y 427.

3.3.2. Alimento

En las primeras dos fases (pre-inicio e inicio) los cerditos recibieron raciones comerciales, de fórmula cerrada; para la fase de crecimiento I, una ración preparada en la granja, cuya fórmula composicional se presenta en la Tabla 3.1.; para los tratamientos II y III se extrajo el antibiótico de la fórmula.

El producto comercial evaluado se comercializa con el nombre de Dysantic® producido por la firma Dr Bata® Ltd (Biotechnology in Feeding) y comercializado en el país por la firma Phartec SAC, que es representante exclusivo en el Perú de la marca de origen. Para el producto se indica que es un suplemento alimenticio con extractos de plantas, específicamente del tomillo (Thyme), del cual se obtienen aceites esenciales como el timol, carvacrol y flavonoides que poseen actividad bactericida, viricida e

inmuno modulador y de las semillas de algarrobo (St. John's bread seeds) el cual contiene sustancias como la galactopiranosas que son polisacáridos que actúan como prebióticos.

Tabla 3.1.
Composición porcentual de la ración local para cerdos en la fase de Crecimiento I

Insumo	%
Maíz, amarillo nacional	27.6759
Arroz, granos partidos	25.0000
Soja, torta argentina-46	24.6722
Soja, harina integral extruida	05.0000
Arroz, polvillo	05.0000
Lactosa, 61%	04.9180
Hemoglobina bovina	01.5000
Fosfato mono-di-cálcico	01.0331
Carbonato de calcio	01.0056
Dextrosa monohidratada	01.0000
Plasma porcino – AP920	01.0000
Sal común	00.4111
Lisina – HCL	00.3150
Metionina DL	00.2334
Bicarbonato de sodio	00.2000
Trigo, afrecho	00.1723
Acidificante	00.1500
Treonina	00.1034
Anti-fúngico	00.1000
Veg-Pro, enzimas	00.1000
Proapak 13	00.1000
Mycosorb A+	00.1000
Amoxicilina, droga pura	00.0600
Sulfato de cobre	00.0600
Bio-colina	00.0400
Saborizante Star-Rich	00.0300
SSF, enzimas	00.0200

3.3.3. Instalaciones y equipo

Las instalaciones son de material noble, provistos de parrilla en alto y permiten mantener lotes de 20 cerdos; cuentan con comederos de tipo tolva y bebederos de chupón. Además se empleó una balanza con capacidad de 500 kilos, para pesar alimento y animales; lápices marcadores, libreta de campo, cámara fotográfica y ordenador electrónico.

3.4. Descripción de la Metodología

3.4.1. Diseño de contrastación de las hipótesis

Se consideró el siguiente planteamiento de hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_1 : AL MENOS UNA MEDIA DIFIERE DEL RESTO

Las hipótesis se contrastaron mediante un Diseño Irrestrictamente al Azar, con el siguiente modelo probabilístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{ij}$$

En el que:

Y_{ij} , es la variable evaluada;

μ , es el verdadero efecto medio;

τ_i , es el verdadero efecto del i-ésimo tratamiento;

ξ_{ij} , es el verdadero efecto de la j-ésima unidad experimental sujeta a los efectos del i-ésimo tratamiento.

Se toleró una máxima probabilidad de 5% de cometer error de tipo I (Ostle, 1979; Scheffler, 1982).

3.4.2. Técnicas experimentales

Se seleccionó a los 60 cerdos (30 machos y 30 hembras), con un peso de destete entre los 6 y 7 kilos; los cerditos se trasladaron a corrales con capacidad de 20 (10 machos y 10 hembras) y piso de parrilla alta, provistos de comedero y bebederos de chupón.

Previo al traslado de los animales se procedió a hacer una limpieza profunda, flameado y desinfección con un producto comercial con glutaraldehído y amonio cuaternario.

Los cerditos se pesaron al inicio del ensayo (destete) y a los 9, 23 y 33 días post destete, implicando las fases de pre-inicio, inicio y crecimiento I.

El alimento se suministró en cantidades pesadas y el consumo se determinó por diferencia entre lo suministrado y el residuo. El alimento de las dos primeras etapas fue comercial y el de la tercera etapa se preparó en la granja.

En cuanto al manejo sanitario, además del mantenimiento de la limpieza en las instalaciones y equipo se aplicó la vacunación contra el cólera porcino. Los cerdos se supervisaron todos los días para determinar la presencia de diarreas.

3.4.3. Variables evaluadas

- Consumo de alimento
- Peso y cambios en el peso vivo
- Conversión alimenticia (kilos de alimento consumidos por kilo de peso vivo incrementado)
- Mérito económico (nuevos soles gastados en alimento consumido por kilo de peso vivo incrementado)

3.4.4. Análisis estadístico

Se aplicó la prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) con los pesos iniciales y los pesos de cada período; así mismo, se determinó la normalidad de la distribución, en cada período, a través de la aplicación de la dócima de Kolmogorov-Smirnov.

Se ejecutó el análisis de la varianza (Tabla 3.2.) con los pesos. Se empleó el software estadístico Minitab 18.

Tabla 3.2.
Esquema del análisis de la varianza del DCA

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F
Tratamientos	T_{yy}	$t - 1 = 2$	T	T/ E
Residual	E_{yy}	$t(r-1) = 57$	E	
TOTAL	$\sum y^2$	$tr - 1 = 59$		

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Consumo de Alimento

Los resultados de consumo de alimento se presentan en la Tabla 4.1., para cada uno de los períodos considerados y acumulado.

Tabla 4.1.

Consumo de alimento de lechones destetados que recibieron un producto comercial de extracto de plantas de acción fitobiótica

Aspecto	T ₁	T ₂	T ₃
Lechones por tratamiento	20	20	20
Producto en la dieta, %	00	0.10	0.20
Consumo por lechón por período, Kg:			
Pre-Inicio	2.769	2.588	2.637
Inicio	9.916	9.540	10.097
Crecimiento I	8.489	7.921	8.318
Acumulado	21.174	20.049	21.052
Consumo por lechón por día, gramos:			
Pre-Inicio	307.7	287.6	293.0
Inicio	708.3	681.4	721.2
Crecimiento I	848.9	792.1	831.8
Acumulado	641.6	607.6	637.9

El comparativo porcentual indicó que en los tratamientos que recibieron el producto comercial el consumo indicó generalmente mermas en comparación con el testigo; así, respectivamente para los tratamientos del dos y tres, la disminución fue de 6.5 y 4.8% en el Pre-Inicio, en el Inicio sólo el tratamiento 2 presentó merma (3.8%) en tanto que el tratamiento 3 consumió 1.8% más que el testigo, nuevamente mermas de 6.7 y 2% en el Crecimiento I, en tanto que en el acumulado de 5.3 y 0.6%. El comparativo porcentual entre tratamientos se presenta en la Figura 4.1.

El comportamiento del consumo según la presencia del producto comercial indicaría que hubo efecto negativo, cuya incidencia fue de mayor magnitud en el tratamiento 2, el de menor presencia del producto (0.1%), con el tratamiento 3 la tendencia no fue muy marcada, sobre todo si se tiene en cuenta las cifras de consumo acumulado, en las que el testigo y el tratamiento 3 fueron, prácticamente, iguales.

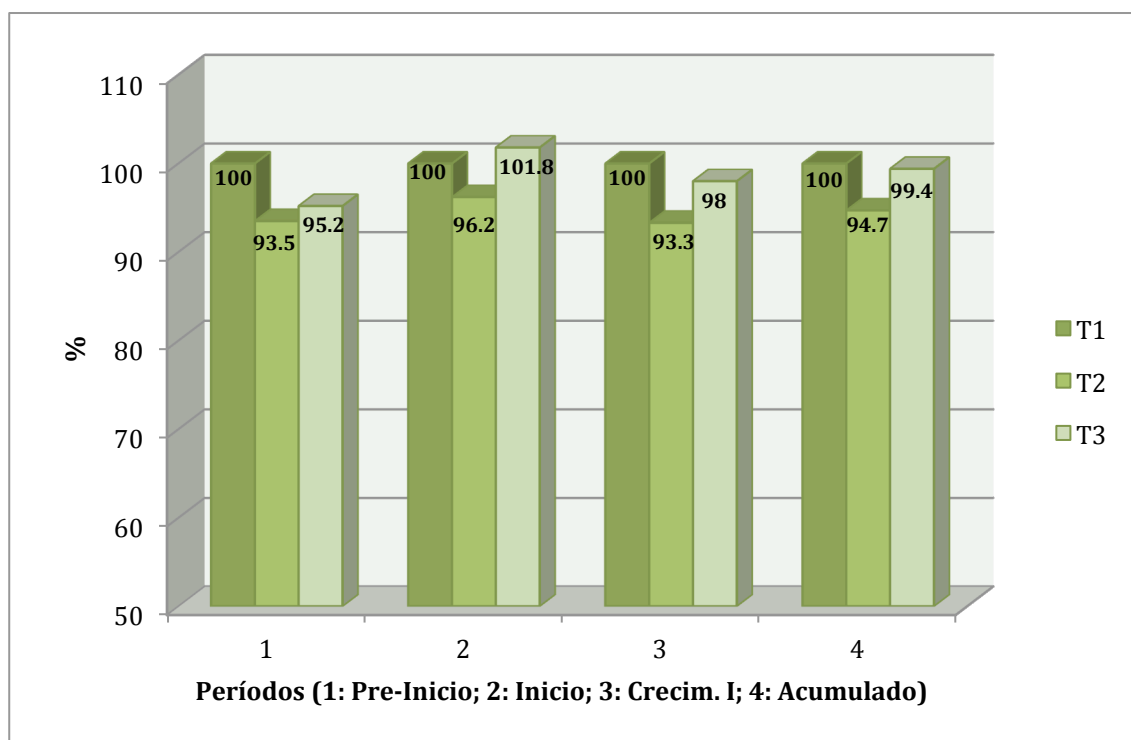


Figura 4.1. Comparativo porcentual entre tratamientos para consumo de alimento

En función de la proporción del producto, el hecho de que a mayor dosis el consumo se haya visto menos afectado indicaría que se habría dado un proceso de acostumbramiento, como lo indican las cifras porcentuales.

Tabasum *et al.* (2016), al evaluar diferentes combinaciones de hierbas, reportaron disminución en el consumo de alimento. Sin embargo, otros investigadores indicaron que los EP mejoraron el consumo, es el caso de Simonson (2004) quien investigó sobre el efecto de la mostaza y de la casia; así mismo, Cullen *et al.* (2005) y Jans *et al.* (2007) determinaron incrementos en la cantidad de alimento consumido al evaluar la inclusión de ajo en la alimentación de cerdos en crecimiento-acabado. También existe información que indica que la presencia de los EP no tiene efecto alguno sobre el consumo de alimento, como es el caso de Sulabo *et al.* (2007).

Según Jacela *et al.* (2010), bajo las condiciones de la producción porcina moderna, los cerdos deben alimentarse con una dieta balanceada que satisfaga sus requerimientos nutricionales diarios para mantenimiento, crecimiento y reproducción.

Sin embargo, la ingesta de nutrientes está determinada en gran medida por el consumo voluntario de alimento, que está muy influenciado por los sentidos químicos del olfato y el gusto. Por lo tanto, es esencial asegurarse de que las dietas que se ofrecen a los cerdos sean altamente apetecibles para garantizar un alto consumo de alimento. Esto es especialmente importante cuando los cerdos tienen menos apetito, como los primeros días después del destete. Por lo tanto, se cree que la mejora del sabor o el olor a través del uso de saborizantes puede ayudar a mejorar la palatabilidad de las dietas y, en consecuencia, la ingesta de alimento.

Los mismos autores (Jacela *et al.*, op. cit.) consideran que se han identificado varios factores que afectan el consumo de alimento en los cerdos. En la mayoría de los casos, indican, la ingesta de alimento está influenciada por la interacción entre algunos o todos estos factores, que incluyen el ambiente térmico, factores sociales (Ej., densidad animal), factores animales (Ej., Genotipo) y factores dietéticos (Ej., densidad energética y palatabilidad). La palatabilidad de una dieta se refiere a sus características de aceptabilidad, incluido el sabor, el olor y la textura, que captan los sentidos de los cerdos antes de comer. Algunos EP pueden estimular el consumo, precisamente por que impresionan los sentidos odoríferos y gustativos de los animales; aunque también existen algunos que podrían ocasionar acción contraria, pero lo importante es que el consumo de alimento no se vea deteriorado; es decir, si no se promociona tampoco que se disminuya.

No obstante lo reportado por los diferentes investigadores en este campo, las cifras de consumo de alimento deben analizarse con la eficiencia de utilización del alimento para ser más precisos en las posibles inferencias, ya que una ligera disminución en el consumo podría deberse a una mejor eficiencia en la utilización del alimento para incrementar peso.

4.2. Peso vivo

Los resultados relacionados con el peso vivo y los cambios en el peso se presentan en la Tabla 4.2., para cada uno de los períodos considerados.

Tabla 4.2.

Peso y cambios en el peso de lechones destetados que recibieron un producto comercial de extracto de plantas de acción fitobiótica

Aspecto	T ₁	T ₂	T ₃
Lechones por tratamiento	20	20	20
Producto en la dieta, %	00	0.10	0.20
Peso vivo por lechón, Kg:			
Inicial	5.885	6.680	5.800
Pre-Inicio	8.449	8.961	8.041
Inicio	14.765	15.085	14.219
Crecimiento I	21.191	21.095	20.435
Incremento de peso vivo, kg/ lechón:			
Pre-Inicio	2.564	2.281	2.241
Inicio	6.316	6.124	6.178
Crecimiento I	6.426	6.010	6.216
Acumulado	15.306	14.415	14.635
Incremento promedio en todo el ensayo	00.464	00.437	00.444

El análisis estadístico mostró que hubo normalidad y homocedasticidad (ver el apéndice) en la información generada con los pesos corporales; al aplicar el análisis de la varianza se determinó que los pesos logrados por el tratamiento 2 en el Pre-Inicio fueron mejores; sin embargo, tal diferencia desaparece durante las siguientes fases; la ventaja del tratamiento 2 en el peso vivo es atribuible al mayor peso al inicio del ensayo que, al azar, se dio en este tratamiento.

Cuando se consideró la evaluación de los incrementos de peso se pudo determinar que los tratamientos 2 y 3 estuvieron por debajo del testigo, en cualquiera de los períodos considerados. Así, respectivamente, en el Pre-Inicio estuvieron en 11 y 12.6% por debajo del testigo; en el Inicio en 3 y 2%; en el Crecimiento I en 6 y 3%, y en el Acumulado en 5.8 y 4.4%. Como se puede notar el más afectado por el tratamiento 2. En ambos casos, se evidenció que los incrementos de peso guardaron una relación directa con el consumo de alimento.

El comparativo porcentual entre tratamientos para los incrementos de peso se presentan en la Figura 4.2.

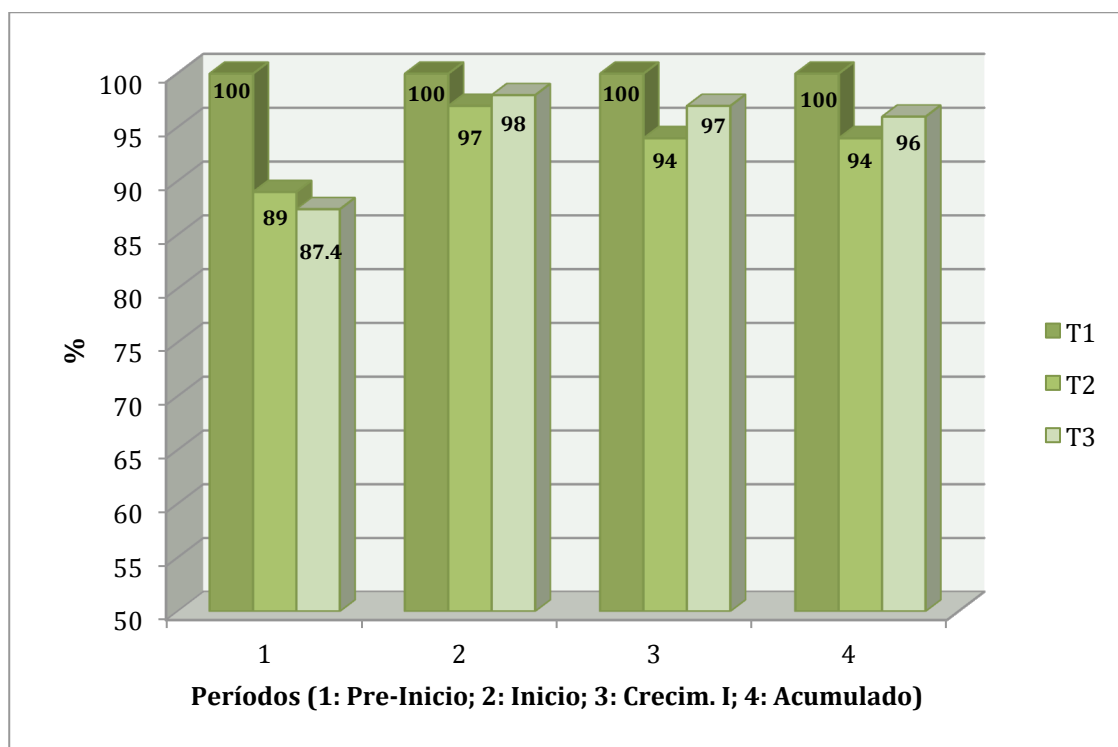


Figura 4.2. Comparativo porcentual entre tratamientos para incremento de peso

Como en el caso del efecto sobre el consumo de alimento, se ha obtenido resultados de tipo contradictorio al evaluar el efecto de los EP sobre los incrementos de peso; en el sentido de que para algunos su uso ha sido positivo y para otros no se evidenció tipo alguno de efecto. Efectos promotores sobre los incrementos de peso han sido reportados por Grela *et al.* (1998) al emplear una combinación de hierbas en la alimentación porcina. En tanto que Ilsey *et al.* (2002), Allan y Bilkei (2005), Ariza-Nieto *et al.* (2011) lograron obtener mayores incrementos de peso en lechones destetados al incluir orégano y cinnamaldehído en la alimentación de las madres. También mayores incrementos de peso se reportaron por Dunshea *et al.* (2003) al emplear un análogo de la capsaicina; por Simonson (2004) empleando mostaza y casia; por Cullen *et al.* (2005) y Jans *et al.* (2007) al utilizar extracto de ajo.

El timol y el carvacrol, constituyentes del orégano y del tomillo, se emplearon por Walter y Bilkey (2004) y reportaron mayores incrementos de peso. En tanto que Kotrotsios *et al.* (2012) emplearon harina de vainas de *Ceratonia siliqua* en cantidades pequeñas y determinaron mejores incrementos de peso.

Cómo se indicó al analizar el consumo de alimento, los principios contenidos en los fitobióticos realizan una serie de acciones que no sólo tienen que ver con los incrementos de peso, sino también con la eficiencia de utilización del alimento para ganar peso, la menor acumulación de grasa en los incrementos de peso, la salud del epitelio intestinal, etc. En consecuencia no se puede discutir sobre una acción aislada, ya que la acción que realizan es compleja (varias acciones vinculadas). Se ha resaltao particularmente la acción de control de bacterias de tipo patógeno a nivel del tracto gastrointestinal, la acción atrapadora de radicales libres (acción anti-oxidante) y la anti-inflamatoria.

Diferentes investigadores (Bishop, 1995; Hammer *et al.*, 1999; Dorman y Deans, 2000; Pandey *et al.*, 2000; Ultee y Smid, 2001; Pessoa *et al.*, 2002; Moon *et al.*, 2006; Pinto *et al.*, 2006; Abed, 2007; Wong *et al.*, 2008; Garozzo *et al.*, 2009) han determinado que los EP tienen acciones anti-fúngica, anti-parasitaria, anti-vírica y anti-toxigénica. Todos estos tipos de acciones son necesarias en el tracto gastrointestinal, debido a que existe en el toda una micro-biota que está constituida por especies benéficas y patógenas, el éxito de la producción porcina estriba en mantener controlada a la micro-biota patógena y permitir que prospere la benéfica, acción en la que los EP tienen un rol importante. Así, los nutrientes provistos por el alimento se destinarían a funciones productivas antes que estar alimentando a flora y fauna de tipo patógeno. Lo más importante de esta acción en contra de bacterias, hongos, etc., es que no generan resistencia que podría afectar al consumidor y a los mismos animales.

En los sistemas de producción animal se dan las condiciones para que los animales (principalmente cerdos y aves) sufran procesos estresantes que generen la aparición de radicales libres. Estas estructuras dañan al tejido epitelial intestinal y el organismo tiene que destinar una gran cantidad de nutrientes para su reparación; en consecuencia, es importante disponer de anti-oxidantes, de preferencia naturales, que puedan atrapar a los radicales libres. Muchos principios contenidos en los EP han probado esta acción anti-oxidante como ha sido corroborado por diferentes investigadores (Economou *et al.*, 1991; Botsoglou *et al.*, 2002; Gülçin *et al.*, 2004; Oboh *et al.*, 2007; Slamenova *et al.*, 2008; Frankič *et al.*, 2010).

En las granjas de explotación porcinas se producen una serie de acciones interactivas entre los animales, entre los animales y el ambiente, y entre los animales y el hombre, que tienden a producir procesos inflamatorios que deterioran la salud de los animales y que pueden producir la muerte; muchas veces los procesos se desarrollan de forma sub-clínica (sin síntomas visibles) y pasan desapercibidos, las alteraciones sub-clínicas de la salud son las que más cuestan al productor de porcinos, ya que los animales merman considerablemente su rendimiento y se vuelven ineficientes en la utilización del alimento para producir. El rol de los principios anti-inflamatorios naturales es de importancia para lograr eficiencia económica en la producción porcina. La presencia de estos principios en los EP ha sido reportado por diferentes investigadores (MacMicking *et al.*, 1997; Dinarello, 2000; Hart *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2003; Aggarwal y Shishodia, 2004; Lang *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2005, 2007; Li *et al.*, 2006; Tung *et al.*, 2008; Dung *et al.*, 2009; Landa *et al.*, 2009).

Se ha determinado la presencia de estos principios en el extracto de tomillo (Suzuki y Furuta, 1988; Aeschbach *et al.*, 1994; Essawi y Srour, 2000; Hudaib *et al.*, 2002; Miura *et al.*, 2002; Soliman y Badlaa, 2002; Venturini *et al.*, 2002; Braga *et al.*,

2006) y en el del algarrobo europeo (Hsouna *et al.*, 2011; Kotrotsios *et al.*, 2012; Roseiro *et al.*, 2013; Durazzo *et al.*, 2014), la respuesta no favorable en los incrementos de peso podrían deberse a la acción de factores, como dosis, interacciones, etc., por lo que es necesario realizar investigación complementaria.

4.3. Conversión Alimenticia

Los resultados de conversión alimenticia se presentan en la Tabla 4.3., para cada uno de los períodos considerados.

Tabla 4.3.

Conversión alimenticia de lechones destetados que recibieron un producto comercial de extracto de plantas de acción fitobiótica

Aspecto	T ₁	T ₂	T ₃
Lechones por tratamiento	20	20	20
Producto en la dieta, %	00	0.10	0.20
Conversión alimenticia:			
Pre-Inicio	1.080	1.135	1.177
Inicio	1.570	1.558	1.634
Crecimiento I	1.321	1.318	1.338
Acumulada	1.383	1.391	1.439

En el Pre-Inicio la conversión alimenticia de los tratamientos 2 y 3 fue menos eficiente que la del testigo en 5.1 y 8.98%, respectivamente; en el Inicio el tratamiento 2 fue ligeramente más eficiente (0.8%) y el tratamiento 3 fue 4.1% menos eficiente; en el Crecimiento I nuevamente el tratamiento 2 fue ligeramente más eficiente (0.2%) y el tratamiento 3 fue 1.3% menos eficiente; al considerar el valor acumulado se determinó que el testigo y el tratamiento 2 fueron prácticamente igual de eficientes, en tanto que el tratamiento 3 fue menos eficiente que el testigo en la utilización del alimento para incrementar peso vivo en 4.1%.

El comparativo porcentual entre tratamientos para la conversión alimenticia se presenta en la Figura 4.3.

Se asumió que el contenido de principios anti-bacterianos, anti-oxidantes y estimuladores de la inmuno-competencia en la proporción de 0.1% del producto

permitirían conservar la integridad del epitelio intestinal y, de esta manera, permitir mejor eficiencia en la utilización del alimento y mayor eficiencia en el rendimiento (Suzuki y Furuta, 1988; Aeschbach *et al.*, 1994; Essawi y Srour, 2000; Hudaib *et al.*, 2002; Miura *et al.*, 2002; Soliman y Badlaa, 2002; Venturini *et al.*, 2002; Braga *et al.*, 2006; Zou *et al.*, 2016).

Además, las semillas de algarrobo europeo son portadoras también de principios prebióticos que permiten el desarrollo y establecimiento de flora benéfica en el intestino permitiendo mejores condiciones nutricionales para los animales, sobre todo tratándose de animales muy jóvenes.

Esto es importante si se tiene en consideración que el tratamiento 2 no empleó APC; el sólo hecho de lograr la misma eficiencia de utilización del alimento debería considerarse como resultado exitoso.

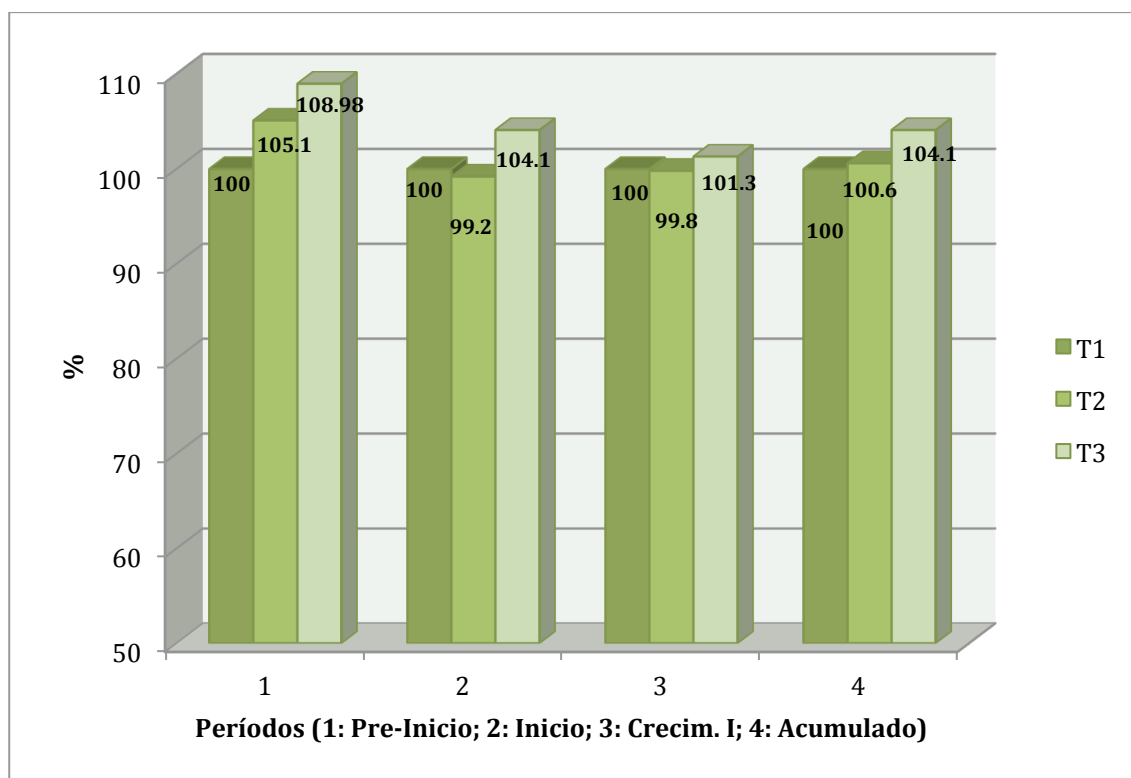


Figura 4.3. Comparativo porcentual entre tratamientos para conversión alimenticia

4.4. Mérito Económico

Los resultados referidos al gasto en alimento para incrementar una unidad de peso vivo se presentan en la Tabla 4.4., para cada uno de los períodos considerados.

Tabla 4.4.

Mérito económico de lechones destetados que recibieron un producto comercial de extracto de plantas de acción fitobiótica

Aspecto	T ₁	T ₂	T ₃
Lechones por tratamiento	20	20	20
Producto en la dieta, %	00	0.10	0.20
Mérito económico:			
Pre-Inicio	4.752	4.994	5.179
Inicio	5.024	4.986	5.229
Crecimiento I	2.431	2.425	2.462
Acumulado	3.890	3.919	4.046

Toda empresa pecuaria, como en las empresas de cualquier rubro, busca obtener rentabilidad; es decir, económicamente busca márgenes positivos que le permitan mantenerse dentro del negocio. La rentabilidad implica que los ingresos estén por encima de los egresos; en éstos últimos, los costos juegan un rol muy importante. Por ejemplo, dependiendo de la madurez de la unidad productiva porcina, el costo de alimentación puede representar entre 60 y 70% del costo total de producción; esto implica que cualquier desbalance en este rubro puede llevar problemas de rentabilidad y mantenimiento de la empresa, por lo que debe buscarse siempre eficiencia; esta implica que se gaste menos dinero en alimento por cada kilo de peso incrementado, indicando mejor mérito económico.

Los valores de mérito económico tienden a manifestar una tendencia muy parecida a los de conversión alimenticia, la asociación entre estas dos variables es alta; sin embargo, en determinadas circunstancias puede lograrse excelentes conversiones alimenticias utilizando un producto muy caro y que se emplea en proporciones altas, ocasionando valores de mérito económico ineficientes. No es una situación que se haya dado en el presente ensayo, se puede apreciar que con el tratamiento que incluyó 0.1%

del producto evaluado el mérito económico es similar al obtenido con el testigo, resultado que indicó que puede emplearse el producto en lugar de APC.

Si bien podría objetarse que el producto no ha ocasionado ventajas en el mérito económico en comparación al tratamiento testigo, habría que tener en consideración que varias de las ventajas potenciales de los fitobióticos no entran en la estimación del valor del mérito económico. Por ejemplo, la disminución del riesgo de antibiótico resistencia, la mejora en la durabilidad de la carne, mejor calidad de la carcasa, etc., son características que mejoran considerablemente la capacidad del negocio porcino.

Las propiedades, reportadas por diferentes investigadores, antibacterianas (Bishop, 1995; Hammer *et al.*, 1999; Dorman y Deans, 2000; Pandey *et al.*, 2000; Ultee y Smid, 2001; Pessoa *et al.*, 2002; Moon *et al.*, 2006; Pinto *et al.*, 2006; Abed, 2007; Wong *et al.*, 2008; Garozzo *et al.*, 2009), antioxidantes (Economou *et al.*, 1991; Botsoglou *et al.*, 2002; Gülçin *et al.*, 2004; Oboh *et al.*, 2007; Slamenova *et al.*, 2008; Frankič *et al.*, 2010) y antiinflamatorias (MacMicking *et al.*, 1997; Dinarello, 2000; Hart *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2003; Aggarwal y Shishodia, 2004; Lang *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2005, 2007; Li *et al.*, 2006; Tung *et al.*, 2008; Dung *et al.*, 2009; Landa *et al.*, 2009), entre otras, sustentan el hecho de la conveniencia económica del empleo de fitobióticos sobre los APC, la acción de estos últimos no tiene un amplio abanico de posibilidades; sin embargo, es necesario realizar investigación complementaria al respecto.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La presencia del producto fitobiótico manifestó efecto de ligera disminución sobre el consumo de alimento de los cerdos.
2. Los incrementos de peso no difirieron significativamente entre las diferentes proporciones del fitobiótico.
3. La conversión alimenticia tendió a presentar mayor eficiencia con 0.1% del producto, principalmente en las fases de Inicio y Crecimiento I.
4. El mérito económico presentó comportamiento similar al obtenido con la conversión alimenticia.

Recomendándose:

1. Emplear del producto fitobiótico por cuanto puede reemplazar al antibiótico promotor del crecimiento y se manifiesta con más eficiente utilización del alimento y mérito económico para incrementar peso vivo en las fases de Inicio y Crecimiento I.
2. Implementar trabajos de investigación con cerdos de mayor o menor peso al destete y en otras categorías de edad.

VI. RESUMEN

El empleo de antibióticos promotores del crecimiento (APC) es, cada vez, menos sostenible en la alimentación de los cerdos comerciales destinados a la producción intensiva de carne, por lo que se está ensayando con alternativas dentro de las que se incluyen a los extractos de plantas (EP) con acción fitobiótica, como el tomillo (*Thymus vulgaris*) y el algarrobo europeo (*Ceratonia siliqua*). Se realizó el ensayo con 60 cerdos destetados con peso entre los 6 y 7 kilos, PIG x Camborough, hasta que concluyó la fase de Crecimiento I (33 días experimentales), con los siguientes tratamientos experimentales: T₁, testigo; T₂, 0.1 y T₃, 0.2% de un producto comercial de extractos de tomillo y algarrobo europeo y se evaluó el efecto sobre el consumo de alimento, peso vivo, conversión alimenticia y mérito económico. Los resultados mostraron un efecto de ligera disminución del consumo de alimento, sin diferencias significativas entre tratamientos para el incremento de peso, ligera mayor eficiencia en la utilización del alimento para incrementar peso vivo en el Pre-Inicio e Inicio con 0.1% del producto, el mérito económico mostró la misma tendencia que la conversión alimenticia. Debido al, prácticamente, igual rendimiento se hace recomendable el empleo de 0.1% del producto en lugar de APC, disminuyendo de esta manera la posibilidad de antibiótico resistencia y probables mejoras en diferentes ítems de calidad de la carne.

VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abed, L. F. (2007). Antimicrobial activity of essential oils of some medicinal plants from Saudi Arabia. *Saudi J. Biol. Sci.* 14:53-60.
- Aeschbach, R., Ölinger, J. L., y Scott, B. C. (1994). Antioxidant actions of thymol, carvacrol, 6-gingerol, zingerone and hydroxytyrosol. *Food and Chemical Toxicology*, 32 (1): 31–36.
- Aggarwal, B. B., y Shishodia, S. (2004). Suppression of nuclear factor-kappa B activation pathway by spice-derived phytochemicals: reasoning for seasoning. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1030:434-441.
- Allan, P., y Bilei, G. (2005). Oregano improves reproductive performance of sows. *Theriogenology*. 63:716-721.
- Ankri, S., y Mirelman, D. (1999). Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes Infect.* 2:125-129.
- Ariza-Nieto, C., Bandrick, M., Baidoo, S. K., Anil, L., Molitor, T. W., y Hathaway, M. R. (2011). Effect of dietary supplementation of oregano essential oils to sows on colostrum and milk composition, growth pattern and immune status of suckling pigs. *J. Anim. Sci.* 89:1079- 1089.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., y Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food Chem. Toxicol.* 46:446-475.
- Baydar, H., Sağdıç, O., Özkan, G., y Karadoğan, T. (2004). Antibacterial activity and composition of essential oils from *Origanum*, *Thymbra* and *Satureja* species with commercial importance in Turkey. *Food Control*. 15:169-172.
- Bishop, C. D. (1995). Anti-viral activity of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *J. Essential Oil Res.* 7:641-644.
- Botsoglou, N. A., Florou-Paner, P., Christaki, E., Fletouris, D. J., y Spais, A. B. (2002). Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. *Br. Poult. Sci.* 43:223-230.
- Bowles, B. L., y Miller, A. J. (1993). Antibotulinal properties of selected aromatic and aliphatic aldehydes. *J. Food Prot.* 56:788-794.
- Braga, P. C., Dal Sasso, M., Culici, M., Bianchi, T., Bordoni, L., y Marabini, L. (2006). Anti-inflammatory activity of thymol: inhibitory effect on the release of human neutrophil elastase. *Pharmacology*, 77 (3): 130–136.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *Int. J. Food Microbiol.* 94:223-253.
- Burt, S. A., van der Zee, R., Koets, A. P., de Graaff, A. M., van Knapen, F., Gaastra, W.,...Veldhuizen, E. J. A. (2007). Carvacrol induces heat shock protein 60 and inhibits synthesis of flagellin in *Escherichia coli* O157:H7. *Appl. Env. Microbiol.* 73:4484-4490.
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., y Ferret, A. (2007). Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 90:2580-2595.
- Carson, C. F., Mee, B. J., y Roley, T. V. (2002). Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrob. Agents Ch.* 46:1914-1920.
- Choi, C. Y., Park, K., Lee, J., Jeon, Y. J., Liu, K., Oh, S., Kim, D., y Yea, S. S. (2007). Isoeugenol suppression of inducible nitric oxide synthase expression is mediated

- by down-regulation of NF- κ B, ERK1/2, and p38 kinase. *Eur. J. Pharmacol.* 576:151-159.
- Cullen, S. P., Monahan, F. J., Callan, J. J., y O'Doherty, J. V. (2005). The effect of dietary garlic and rosemary on grower-finisher pig performance and sensory characteristics of porl. *Irish J. Agr. Food Res.* 44:57-67.
- Dinarello, C. A. (2000). Proinflammatory cytokines. *Chest.* 118:503-508.
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., y Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chem.* 97:654-660.
- Dorman, H. J. D. y Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 88:308-316.
- Duke, J. A. (1986). CRC handbook of medicinal herbs. CRC press, Florida.
- Dundar, E., Olgun, E. G., Isiksoy, S., Kurkcuglu, M., Baser, K. H. C., y Bal, C. (2008). The effects of intra-rectal and intra-peritoneal application of *Origanum onites* L. essential oil on 2, 4, 6-trinitrobenzenesulfonic acid-induced colitis in the rat. *Exp. Toxicol. Pathol.* 59:399-408.
- Dung, N. T., Bajpai, V. K., Yoon, J. I., y Kang, S. C. (2009). Anti-inflammatory effects of essential oil isolated from the buds of *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merr and Perry. *Food Chem. Toxicol.* 47:449-453.
- Dunsha, F. R., Suster, D., Kerton, D. J., y Leury, B. J. (2003). A capsaicin analogue improves growth and dressing rate in pigs, particularly gilts. In J. E. Paterson (Ed.). *Manipulating pig production* (Vol. IX, pp. 26). Werribee, Australia: *Australasian Pig Science Association Inc.*
- Durazzo, A., Turfani, V., Narducci, V., Azzini, E., Maiani, G., y Carcea, M. (2014). Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carobs flours. *Food Chemistry*, 153: 109-113.
- Economou, K. D., Oreopoulou, V., y Thomopoulos, C. D. (1991). Antioxidant activity of some plant extracts of the family Labiatae. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 66:792-799.
- Essawi, T. y Srour, M. (2000). Screening of some Palestinian medicinal plants for antibacterial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 70 (3): 343-349.
- Farag, R. S., Daw, Z. Y., Hewed, F. M., y El-Baroty, G. S. A. (1989). Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. *J. Food Protec.* 52:665-667.
- Frankič, T., Levart, A., y Salobir, J. (2010). The effect of vitamin E and plant extract mixture composed of carvacrol, cinnamaldehyde and capsaicin on oxidative stress induced by high PUFA load in young pigs. *Animal.* 4:572-578.
- Garozzo, A., Timpanaro, R., Bisignano, B., Furneri, P. M., Bisignano, G., y Castro, A. (2009). In vitro antiviral activity of *Melaleuca alternifolia* essential oil. *Lett. Appl. Microbiol.* 49:806-808.
- Ghosh, S., Mary, M. J., y Kopp, E. B. (1998). NF- κ B and Rel proteins: evolutionary conserved mediators of immune responses. *Annu. Rev. Immunol.* 16:225-260.
- Grela, E. R., Krusiński, R., y Matras, J. (1998). Efficacy of diets with antibiotic and herb mixture additives in feeding of growing-finishing pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 7:171-175.
- Gülçin, İ., Şat, İ. G., Beydemir, Ş., Elmastaş, M., y Küfrevioğlu, Ö. I. (2004). Comparison of antioxidant activity of clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb) buds and lavender (*Lavandula stoechas* L.). *Food Chem.* 87:393-400.
- Hammer, K. A., Carson, C. F., y Riley, T. V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *J. Appl. Microbiol.* 86:985-990.
- Hart, P. H., Brand, C., Carson, C. F., Riley, T. V., Prager, R. H., y Finlay-Jones, J. J. (2000). Terpinen-4-ol the main component of the essential oil of *Melaleuca*

- alternifolia (tea tree oil), suppresses inflammatory mediator production by activated human monocytes. *Inflamm. Res.* 49:619-626.
- Helander, I. M., Alakomi, H. -L., Latva-Kala, K., Mattila-Sandholm, T., Pol, I., Smid, E. J.,... Von Wright, A. (1998). Characterization of the action of selected essential oil components on Gram-negative bacteria. *J. Agr. Food Chem.* 46:3590-3595.
- Herrmann, K. M. y Weaver, L. M. (1999). The shikimate pathway. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50: 473-503.
- Hiscott, J., Marois, J., Garoufalidis, J., D'Addario, M., Roulston, A., Kwan, I.,... Fenton, M. (1993). Characterization of a functional NF- κ B site in the human interleukin 1 β promoter: evidence for a positive autoregulatory loop. *Mol. Cell. Biol.* 13:6231-6240.
- Hsouna, A. B., Saoudi, M., Trigui, M., Jamoussi, K., Boudawara, T., Jaoua, S., y El Feki, E. (2011). Characterization of bioactive compounds and ameliorative effects of *Ceratonia siliqua* leaf extracts against CCl₄ induced hepatic oxidative damage and renal failure in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 49: 3183-3191.
- Hudaib, M., Speroni, E., Di Pietra, A. M., y Cavrini, V. (2002). GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during the vegetative cycle. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 29 (4): 691-700.
- Ilsley, S., Miller, H., Greathead, H., y Kamel, C. (2002). Herbal sow diets boost preweaning growth. *Feed Mix*. 10:24-25.
- Jacela, J. Y., DeRouchey, J. M., Tokach, M. D, Goodband, R. D, Nelssen, J. L., Renter, D. G., y Dritz, S. S. (2010). Feed additives for swine: Fact sheets-flavors and mold inhibitors, mycotoxin binders, and antioxidants. *Journal of Swine Health and Production*, 18(1): 27-32.
- Janz, J. A. M., Morel, P. C. H., Wilkinson, B. H. P., y Purchas, R. W. (2007). Preliminary investigation of the effects of low-level dietary inclusion of fragrant essential oils and oleoresins on pig performance and pork quality. *Meat Sci.* 75:350-355.
- Jobin, C., Bradham, C. A., Russo, M. P., Juma, B., Narula, A.S., Brenner, D.A., y Sartor, R. B. (1999). Curcumin blocks cytokine-mediated NF- κ B activation and proinflammatory gene expression by inhibiting inhibitory actor I- κ B kinase activity. *J. Immunol.* 163:3474-3483.
- Juven, B. J., Kanner, J., Schved, F., y Weisslowicz, H. (1994). Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. *J. Appl. Bacteriol.* 76:626-631.
- Kerrola, K. (1995). Literature review: Isolation of essential oils and flavor compounds by dense carbon dioxide. *Food Rev. Int.*, 11:547-573.
- Kim, S. S., Oh, O., Min H., Park, E., Kim, Y., Park, H. J.,... Lee, S. K. (2003). Eugenol suppresses cyclooxygenase-2 expression in lipopolysaccharide-stimulated mouse macrophage RAW264.7 cells. *Life Sci.* 73:337-348.
- Knobloch, K., Pauli, A., Ibertl, B., Weigand, H., y Weis, N. (1989). Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *J. Essential Oil Res.* 1:119-128.
- Kotrotsios, N. V., Christaki, E., Bonos, E., y Floru-Paneri, P. (2012). Dietary carob pods on growth performance and meat quality of fattening pigs. *Asian Australian Journal Animal Science*, 6: 880-885.
- Lambert, R. J. W., Skandamis, P. N., Coote, P. J., y Nychas, G. -J. E. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *J. Appl. Microbiol.* 91:453-462.

- Landa, P., Kokoska, L., Pribylova, M., Vanek, T., y Marsik, P. (2009). In vitro anti-inflammatory activity of carvacrol: inhibitory effect on COX-2 catalyzed prostaglandin E2 biosynthesis. *Arch. Pharm. Res.* 32:75-78.
- Lang, A., Lahav, M., Sakhnini, E., Barshack, I., Fidler, H. H., Avidan, B., Bardan, E., HersHKoviz, R., Bar-Meir, S., y Chowers, Y. (2004). Allicin inhibits spontaneous and TNF- α induced secretion of proinflammatory cytokines and chemokines from intestinal epithelial cells. *Clin. Nutr.* 23:1199-1208.
- Lawrence, B. M. y Reynolds, R. J. (1984). Progress in essential oils. *Perfumer and Flavorist.* 9:23-31.
- Lee, K. -W., H. Events, and A. C. Beynen. 2004. Essential oils in broiler nutrition. *Int. J. Poult. Sci.* 3:738-752.
- Lee, S. H., Lee, S. Y., Son, D. J., Lee, H., Yoo, H. S., Song, S., Oh, K. W., Han, D. C., B. M. K, y Hong, J. T. (2005). Inhibitory effect of 2'-hydroxycinnamaldehyde on nitric oxide production through inhibition of NF- κ B activation in RAW 264.7 cells. *Biochem. Pharmacol.* 69:791-799.
- Lee, Y., Hung, S., Pai, S., Lee, Y., and Yang, S. (2007). Eugenol suppressed and expression of lipopolysaccharide-induced proinflammatory mediators in human macrophages. *J. Endod.* 33:698-702.
- Lens-Lisbonne, C., Cremieux, A., Maillard, C., and Balansard, G. (1987). Methods for evaluation of antibacterial activity of essential oils: application to essences of thyme and cinnamon. *J. Pharm. Belg.* 42:297-302.
- Li, W., Tsubouchi, R., Qiao, S., Haneda, M., Murakami, K., and Yoshino, M. (2006). Inhibitory action of eugenol compounds on the production of nitric oxide in RAW264.7 macrophages. *Biomed. Res.* 27:69-74.
- MacMicking, J., Xie, Q., y Nathan, C. (1997). Nitric oxide and macrophage function. *Annu. Rev. Immunol.* 15:323-350.
- McCall, M. R. y Frei, B. (1999). Can antioxidant vitamins materially reduce oxidative damage in humans? *Free Radical Biol. Med.* 26:1034-1053.
- Manzanilla, E. G., Perez, J. F., Martin, M., Kramel, C., Baucells, F., y Gasa, J. (2004). Effect of plant extracts and formic acid on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 82:3210-3218.
- Michiels, J., Missotten, J., Van Hoorick, A., Obyn, A., Fremaut, D., De Smet, D, y Dierick, N. (2010). Effects of dose and formulation of carvacrol and thymol on bacteria and some functional traits of the gut in piglets after weaning. *Arch. Ani. Nutr.* 64:136-154.
- Miladi H., Zmantar, T., Chaabouni, Y., Fedhila, K., Bakhrouf, A., Mahdouani, K., y Chaieb, K. (2016). Antibacterial and efflux pump inhibitors of thymol and carvacrol against food-borne pathogens. *Microbial Pathogenesis* (2016), doi: 10.1016/j.micpath.2016.08.008.
- Miura, K., Kikuzaki, H., y Nakatani, N. (2002). Antioxidant activity of chemical components from sage (*Salvia officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) measured by the oil stability index method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (7): 1845–1851.
- Miziorko, H. M. (2011). Enzymes of the mevalonate pathway of isoprenoid biosynthesis. *Arch. Biochem. Biophys.* 505:131-143.
- Moon, T., Wilkinson, J. M., y Cavanagh, H. M. A. (2006). Antiparasitic activity of two Lavandula essential oils against *Giardia duodenalis*, *Trichomonas vaginalis* and *Hexamita inflata*. *Parasitol. Res.* 99:722-728.

- Neill, C. R., Nelssen, J. L., Tokach, M. D., Goodband, R. D., DeRouchey, J. M., Dritz, S. S., Groesbeck, C. N., y Brown, R. B. (2006). Effects of oregano oil on growth performance of nursery pigs. *J. Swine Health Prod.* 14:312-316.
- Nofrarias, M., E. G. Manzanilla, J. Pujols, X. Gibert, N. Majó, J. Segalés, and J. Gasa. 2006. Effects of spray-dried porcine plasma and plant extracts on intestinal morphology and on leukocyte cell subsets of weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 84:2735-2742.
- Oboh, G., Puntel, R. L., y Rocha, J. B. T. (2007). Hot pepper (*Capsicum annuum*, Tepin and *Capsicum chinese*, Habanero) prevent Fe²⁺-induced lipid peroxidation in brain – in vitro. *Food Chem.* 102:178-185.
- Ostle, B. (1979). Estadística Aplicada. Editorial LIMUSA. México, D. F.
- Pandey, R., Kalra, A., Tandon, S., Methrotra, N., Singh, H. N., y Kumar, S. (2000). Essential oils as potent sources of nematocidal compounds. *J. Phytopathology.* 148:501-502.
- Pessoa, L. M., Morais, S. M., Bevilaqua, C. M. L., y Luciano, J. H. S. (2002). Anthelmintic activity of essential oil of *Ocimum gratissimum* Linn. and eugenol against *Haemonchus contortus*. *Vet. Parasitol.* 109:59-63.
- Pettigrew, J. E. (2006). Reduced use of antibiotic growth promoters in diets fed to weanling pigs: dietary tools, part 1. *Anim. Biotechnol.* 17:207-215.
- Pinto, E., Pina-Vaz, C., Salgueiro, L., Gonçalves, M. J., Costa-de-Oliveira, S., Cavaleiro, C., Palmeira, A., Rodrigues, A., y Martinez-de-Oliveira, J. (2006). Antifungal activity of the essential oil of *Thymus pulegioides* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species. *J. Med. Microbiol.* 55:1367-1373.
- Rice, N. R. y Ernst, M. K. (1993). In vivo control of NF-κB activation by IκBα. *The EMBO Journal.* 12:4685-4695.
- Roseiro, L. B., Tavares, C. S., Roseiro, J. C., y Rauter, A. P. (2013). Antioxidants from aqueous decoction of carob pods biomass (*Ceretonia siliqua* L.): Optimisation using response surface methodology and phenolic profile by capillary electrophoresis. *Industrial Crops and Products*, 44: 119-126.
- Sads, O. R. y Bilkei, G. (2003). The effect of oregano and vaccination against Glasser's disease and pathogenic *Escherichia coli* on postweaning performance of pigs. *Irish Vet. J.* 56:611-615.
- Scheffler, E. (1982). Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- Seigler, D. S. (1998). Phenylpropanoids. In: Plant secondary metabolism. D. S. Seigler. Ed. Kluwer Academic Publishers, Boston. pp. 106-129.
- Simonson, R. R. (2004). Antimicrobial properties of herbs and spices and their potential use in diets for pigs. Newport Laboratories, Inc. submitted to CRIS.
- Slamenova, D., Horvathova, E., Marsalkova, L., y Wsolova, L. (2008). Carvacrol given to rats in drinking water reduces the level of DNA lesions induced in freshly isolated hepatocytes and testicular cells by H₂O₂. *Neoplasma.* 55:394-399.
- Sökmen, M., Serkedjieva, J., Daferera, D., Gulluce, M., Polissiou, M., Tepe, B., Akpulat, H. A., Sahin, F, y Sokmen, A. (2004). In vitro antioxidant, antimicrobial, and antiviral activities of the essential oil and various extracts from herbal parts and callus cultures of *Origanum acutidens*. *J. Agric. Food Chem.* 52:3309-3312.
- Soliman, K. M. y Badeaa, R. I. (2002). Effect of oil extracted from some medicinal plants on different mycotoxigenic fungi. *Food and Chemical Toxicology*, 40 (11): 1669–1675.

- Sosa, S., Altinier, G., Politi, M., Braca, A., Morelli, I., y Loggia, R. D. (2005). Extracts and constituents of *Lavandula multifida* with topical anti-inflammatory activity. *Phytomedicine*. 12:271-277.
- Stein, H. H. y Kil, D. Y. (2006). Reduced use of antibiotic growth promoters in diets fed to weanling piglets: dietary tools, part 2. *Anim. Biotech.* 17:217-231.
- Sulabo R. C., Jacela J. Y., DeRouchey J. M., Tokach M. D., Neher F., Goodband R. D., Dritz, S. S. and Nelssen J. L. (2007). Effects of phytobiotics (BIOMIN® P.E.P.) on nursery pig performance. *Kansas Agric. Exp. Sta. Prog. Rep.* **985**, 94-98.
- Surburg, H. y Panten, J. (2006). Common fragrance and flavor materials: preparation, properties and uses. Wiley-VCH, Weinheim, p 289-303.
- Suzuki, Y. y Furuta, H. (1988). Stimulation of guinea pig neutrophil superoxide anion-producing system with thymol. *Inflammation*, 12 (6): 575–584.
- Tabasum, S., Mun, H-S., Manirul, Md., Ko, S-Y., y Yang, C-J. (2016). Effects of dietary natural and fermented herb combination on growth performance, carcass traits and meat quality in grower-finisher pigs. *Meat Science*, 122: 7–15.
- Teissedre, P. L. y Waterhouse, A. L. (2000). Inhibition of oxidation of human low-density lipoproteins by phenolic substances in different essential oils varieties. *J. Agric. Food Chem.* 48:3801-3805.
- Tung, Y., Chua, M., Wang, S., y Chang, S. (2008). Anti-inflammation activities of essential oil and its constituents from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) twigs. *Bioresource Technol.* 99:3908-3913.
- Ultee, A. y Smid, E. J. (2001). Influence of carvacrol on growth and toxin production by *Bacillus cereus*. *Int. J. Food Microbiol.* 64:373-383.
- Venturini, M. E., Blanco, D., y Oria, R. (2002). In vitro antifungal activity of several antimicrobial compounds against *Penicillium expansum*. *Journal of Food Protection*, 65 (5): 834–839.
- Walter, B. M. y Bilkei, G. (2004). Immunostimulatory effect of dietary oregano etheric oils on lymphocytes from growth-retarded, low-weight growing-finishing pigs and productivity. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde*. 129:178-181.
- Wilson, D. J., Patton, S., Florova, G., Hale, V., y Reynolds, K. A. (1998). The shikimic acid pathway and polyketide biosynthesis. *J. In. Microbiol. Biotech.* 20:299-303.
- Wong, S. Y. Y., Grant, I. R., Friedman, M., Elliott, C. T., y Situ, C. (2008). Antibacterial activities of naturally occurring compounds against *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis. *Appl. Env. Microbiol.* 74:5986-5990.
- Xie, Q., Kashiwabara, Y., y Nathan, C. (1994). Role of transcription factor NF- κ B/Rel in induction of nitric oxide synthase. *J. Biol. Chem.* 269:4705-4708.
- Xu, J., Zhou, F., Ji, B. -P., Pei, R. -S., y Xu, N. (2008). The antibacterial mechanism of carvacrol and thymol against *Escherichia coli*. *Lett. Appl. Microbiol.* 47:174-179.
- Zou, Y., Xiang, Q., Wang, J., Wei, H., y Peng, J. (2016). Effects of oregano essential oil or quercetin supplementation on body weight loss, carcass characteristics, meat quality and antioxidant status in finishing pigs under transport stress. *Livestock Science*, 192: 33–38.

VIII. APÉNDICE

Apéndice 01. Prueba de igualdad de varianzas con los pesos iniciales

Método

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

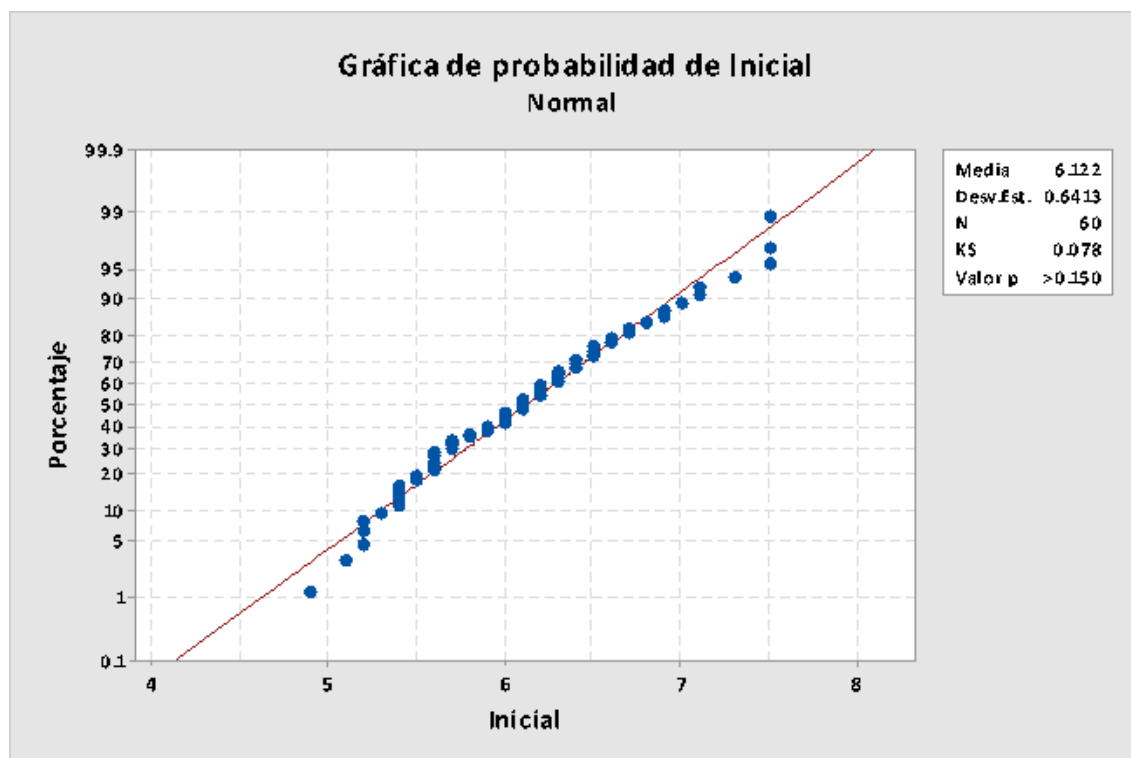
Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
1	20	0.481527	(0.315151, 0.835780)
2	20	0.504297	(0.386945, 0.746608)
3	20	0.542897	(0.420173, 0.796848)

Nivel de confianza individual = 98.3333%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.830
Levene	0.29	0.748

Apéndice 02. Prueba de normalidad con los pesos iniciales



Apéndice 03. Prueba de igualdad de varianzas con los pesos al finalizar el Pre-Inicio

Método

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

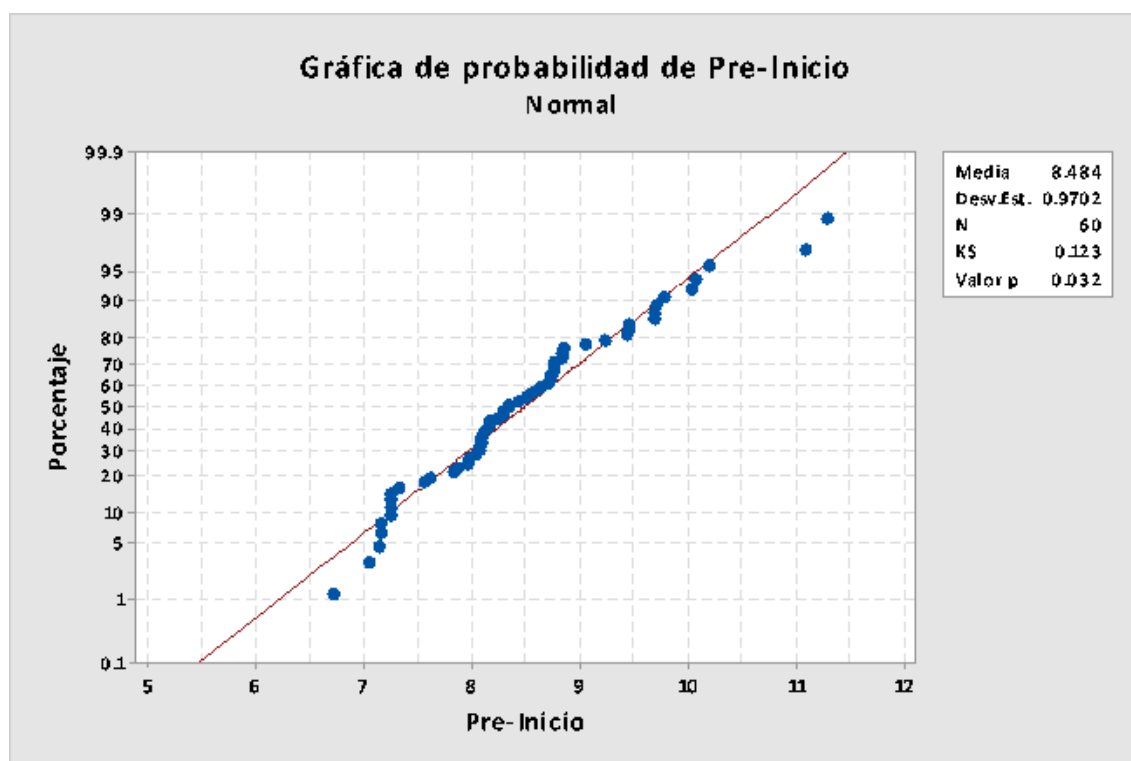
Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
1	20	0.76809	(0.551571, 1.21503)
2	20	1.10363	(0.758091, 1.82513)
3	20	0.81725	(0.597233, 1.27038)

Nivel de confianza individual = 98.3333%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.295
Levene	1.17	0.317

Apéndice 04. Prueba de normalidad con los pesos al finalizar el Pre-Inicio



Apéndice 05. Análisis de varianza con los pesos al finalizar el Pre-Inicio

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tratamientos	3	1, 2, 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	8.500	4.2500	5.15	0.009
Error	57	47.041	0.8253		
Total	59	55.541			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.908451	15.30%	12.33%	6.15%

Medias

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	20	8.449	0.768	(8.042, 8.856)
2	20	8.961	1.104	(8.554, 9.368)
3	20	8.041	0.817	(7.634, 8.448)

Desv.Est. agrupada = 0.908451

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación	
2	20	8.961	A	
1	20	8.449	A	B
3	20	8.041		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Apéndice 06. Prueba de igualdad de varianzas con los pesos al finalizar el Inicio

Método

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

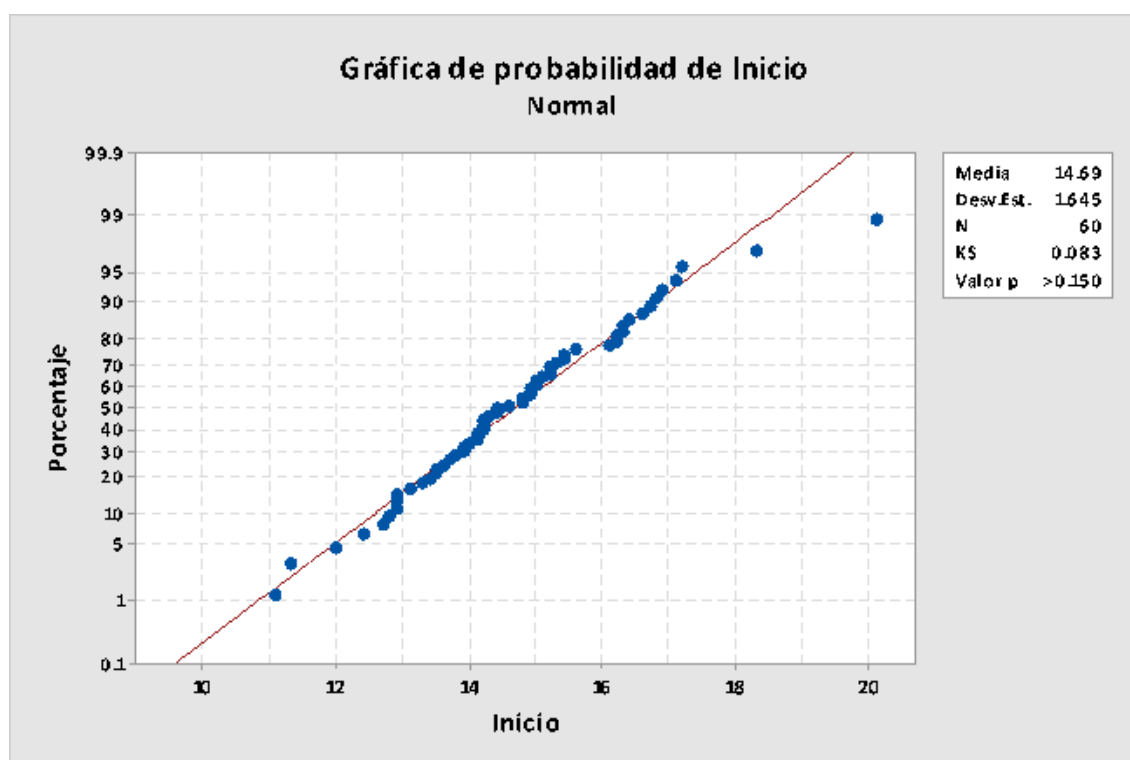
Tratamientos	N	Desv. Est.	IC
1	20	1.14076	(0.77456, 1.90857)
2	20	2.02049	(1.31031, 3.53923)
3	20	1.61827	(1.12710, 2.63943)

Nivel de confianza individual = 98.3333%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.135
Levene	3.28	0.045

Apéndice 07. Prueba de normalidad con los pesos al finalizar el Inicio



Apéndice 08. Análisis de varianza con los pesos al finalizar el Inicio

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tratamientos	3	1, 2, 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	7.670	3.835	1.44	0.246
Error	57	152.048	2.668		
Total	59	159.718			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.63325	4.80%	1.46%	0.00%

Medias

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	20	14.765	1.141	(14.034, 15.496)
2	20	15.085	2.020	(14.354, 15.816)
3	20	14.219	1.618	(13.488, 14.950)

Desv.Est. agrupada = 1.63325

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
2	20	15.085	A
1	20	14.765	A
3	20	14.219	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Apéndice 09. Prueba de igualdad de varianzas con los pesos al finalizar el Crecimiento I

Método

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

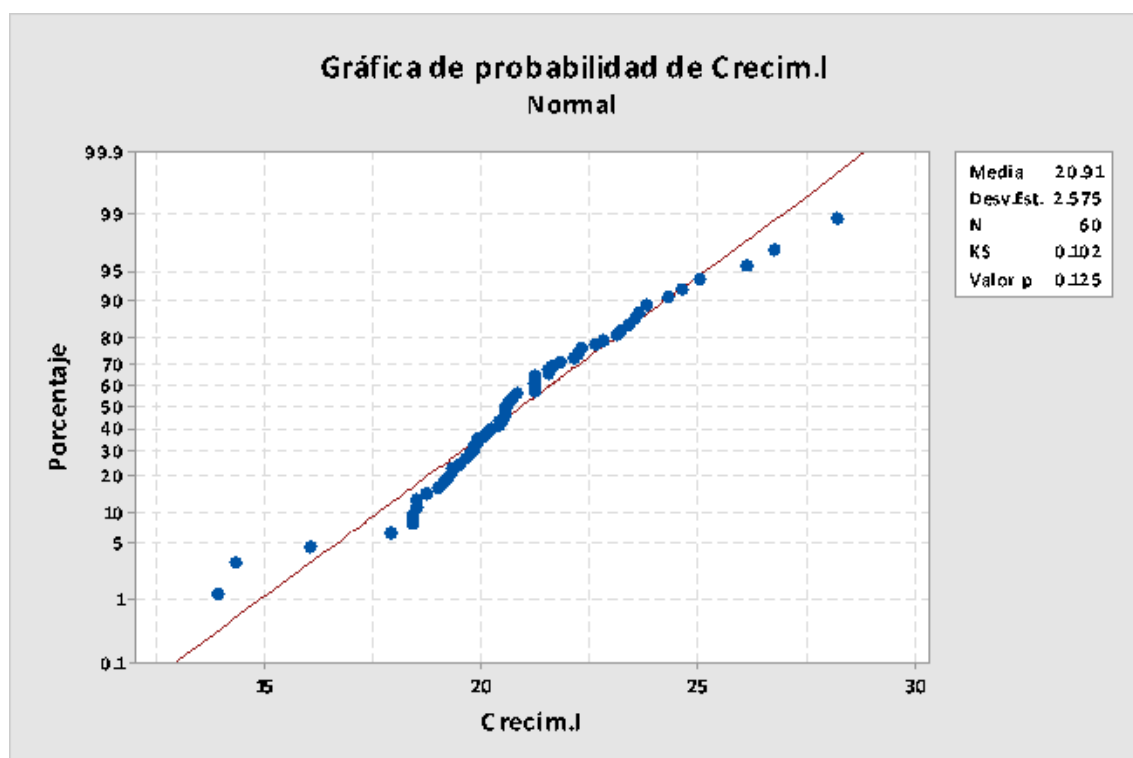
Tratamientos	N	Desv.Est.	IC
1	20	1.60392	(1.08005, 2.70578)
2	20	3.14175	(1.99471, 5.62121)
3	20	2.79086	(1.79883, 4.91873)

Nivel de confianza individual = 98.3333%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.093
Levene	1.66	0.200

Apéndice 10. Prueba de normalidad con los pesos al finalizar el Crecimiento I



Apéndice 11. Análisis de varianza con los pesos al finalizar el Crecimiento I

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tratamientos	3	1, 2, 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	6.776	3.388	0.50	0.608
Error	57	384.408	6.744		
Total	59	391.184			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2.59692	1.73%	0.00%	0.00%

Medias

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	20	21.191	1.604	(20.028, 22.354)
2	20	21.095	3.142	(19.932, 22.258)
3	20	20.435	2.791	(19.272, 21.598)

Desv.Est. agrupada = 2.59692

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
1	20	21.191	A
2	20	21.095	A
3	20	20.435	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.